

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Хаустова Павла Александровича

«Алгоритмы распознавания рукописных символов в условиях малой обучающей выборки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

### 1. Актуальность избранной темы.

Создание алгоритмов, позволяющих осуществлять перевод символов из графического представления в текстовое является одной из актуальных задач, возникающих при преобразовании текста из печатной или графической формы в текстовую. Проблема не является новой, первые работы в данном направлении датируются началом второй половины прошлого века, однако она по-прежнему остается актуальной. В пользу этого говорит наличие ряда ограничений, необходимых для обеспечения высокой точности распознавания.

Одним из таких ограничений является значительный объем обучающей выборки, необходимый для построения модели, обеспечивающей высококачественный процесс распознавания, что не всегда возможно. Кроме того, в пользу актуальности данной темы говорит большое число публикаций по данной тематике в ведущих мировых журналах (более 1000 работ по данной тематике ежегодно на протяжении последних 3 лет, причем количество работ растет, данные систем индексирования Web of Science и Scopus). Также в данной области появляются новые направления для приложения разработок, в частности, распознавание символов на экранах сенсорных телефонов, имеющее свою специфику (в частности, малый размер экрана, необходимость быстро подстраиваться под пользователя, как следствие – малая обучающая выборка).

Таким образом, актуальность выбранной темы является обоснованной и подтвержденной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выносимые на защиту в рамках диссертационного исследования, полностью обосновываются в тексте работы, сделанные при построении алгоритмов предположения подтверждаются результатами проведения экспериментов, в частности, экспериментально подтверждается предположение о разрешимости задачи распознавания символов в условиях наличия ограниченной обучающей выборки с точностью и временной эффективностью, достаточной для реального решения практических задач. Сделанные выводы полностью обосновываются в рамках соответствующих глав диссертационной работы. Обосновываются рекомендации по применимости данного подхода при решении задач распознавания символов в бланках, аналогичных бланкам ЕГЭ, с целью повышения быстродействия без значимого снижения точности распознавания.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научную новизну работы составляют:

- 1) алгоритм скелетизации бинарных изображений символов на основе комбинированного подхода с применением операции предварительного устранения плоских окончаний начертания символа и алгоритмов скелетизации Зонга-Суня и Ву-Цая, обладающий высоким быстродействием и позволяющий получить скелетизированное представление начертания символа без удаления таких его важных элементов, как скошенные угловые элементы, закругления, засечки, декоративные элементы начертания;

- 2) новая структурная модель символа, отличающаяся от известных графовых моделей принципом разделения ключевых точек и изгибов, группировкой соединяющих ребер в композитные, дополнительными метками точек и ребер, позволяющая описать топологию и геометрическую форму его начертания за счет обобщения схожих по форме представления ребер;

- 3) алгоритм построения структурной модели символа, позволяющий выделить структурные составляющие его начертания (ключевые точки, изгибы, соединяющие и композитные ребра), отличающийся от известных отсутствием необходимости применения дополнительных итераций

алгоритма Ли для определения геометрических характеристик выделенных структурных составляющих;

4) оригинальный критерий схожести структурных моделей символов, отличающийся от аналогов применением перехода от геометрического представления моделей к задаче нахождения максимального паросочетания наименьшего веса, позволяющий существенно повысить точность распознавания символов в условиях малой обучающей выборки;

5) оригинальный алгоритм сегментации рукописного текста, позволяющий решать задачу сегментации текста в условиях малой обучающей выборки, отличающийся от аналогов высокой устойчивостью по отношению к наклону символов и отсутствием необходимости использования изображений лигатур для настройки.

Достоверность полученных результатов подтверждается полученными экспериментально результатами при решении типовых тестовых задач и сопоставимостью полученных значений со значениями, представленными в аналогичных работах других авторов.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Полученные результаты представляют теоретическую значимость при решении задачи распознавания символов при ограниченном объеме обучающей выборки и имеют практическую ценность при решении задачи распознавания символов в бланках, аналогичных бланкам ЕГЭ.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные результаты и разработанное приложение могут быть применены на практике при решении задач распознавания символов в анкетных данных, вводимых в фиксированную форму. Подобные задачи возникают в деятельности каждой организации на уровне, например, отдела кадров и других подразделений, использующих в своей деятельности документы фиксированной структуры, заполняемых посимвольно от руки.

6. Содержание диссертации, ее завершенность, соответствие автореферату.

Материал в работе излагается последовательно, каждый очередной раздел логически вытекает из предыдущего. Содержание автореферата

соответствует содержанию диссертационной работы и достаточно полно отражает основные положения и выводы, полученные при проведении диссертационного исследования. Диссертационная работа является законченным научным трудом, в котором решена проблема обеспечения практически приемлемой точности решения задачи распознавания рукописных символов в условиях ограниченной обучающей выборки. Диссертация выполнена на хорошем научном и методическом уровне, написана ясно и грамотно.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

Несмотря на вышеизложенные достоинства диссертационной работы, имеется ряд недостатков:

- 1) в рамках работы недостаточно отражено практическое внедрение результатов работы в ООО “Рубиус Групп”, представлен только акт о внедрении, отсутствуют количественные данные, позволяющие оценить эффективность внедрения;

- 2) в рамках работы по итогам оценки быстродействия предложенных алгоритмов делается заключение, что для набора символов из бланков, аналогичных бланками ЕГЭ, качество распознавания алгоритма на основе метода пересечений для структурных моделей лишь немногим хуже при повышении быстродействия по сравнению с алгоритмом на основе поиска максимального паросочетания минимального веса. Однако, при проверке таких бланков качество распознавания является более критичным, особенно при времени распознавания, измеряемом сотыми долями секунды;

- 3) приведено сравнение быстродействия только для предложенных алгоритмов, сравнение именно по быстродействию с аналогами отсутствует (для качества работы оно представлено);

- 4) в работе не отражена применимость разработанных алгоритмов для мобильных устройств, являющихся на сегодняшний день одним из актуальных практических направлений для использования таких алгоритмов.

Указанные замечания не оказывают влияния на достоверность и не снижают значимости полученных Хаустовым П.А. результатов.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертационная работа «Алгоритмы распознавания рукописных символов в условиях малой обучающей выборки» удовлетворяет требованиям п.9 Положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», а ее автор, Хаустов Павел Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

кандидат технических наук, доцент,  
доцент каф. Комплексной информационной безопасности  
электронно-вычислительных систем  
Томского Государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники  
Костюченко Е.Ю.   
01.12.2017

Подпись Костюченко Е.Ю. заверяю  
секретарь Ученого совета  
Томского Государственного университета  
систем управления и радиоэлектроники  
Прокопчук Е.В.   
01.12.2017

Костюченко Евгений Юрьевич  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40 ТУСУР  
тел. +7(3822)413426, key@keva.tusur.ru

Сведения об организации:  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Томский государственный  
университет систем управления  
и радиоэлектроники»  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40;  
(3822) 51-05-30; office@tusur.ru;  
www.tusur.ru

